茭白害虫长绿飞虱与稻田缨小蜂关系的研究*

俞晓平　郑许松　陈建明　吕仲贤　胡继承**
（浙江省农业科学院，杭州　310021）

摘要　茭白害虫长绿飞虱 *Saccharosydne procerus* 是稻虱缨小蜂 *Anagrus nilaparvatae* 在稻田外的主要寄主之一。茭白田可为稻田提供大量的稻虱缨小蜂，从而提高对稻田稻飞虱的控制能力。从褐飞虱和长绿飞虱卵中羽化的稻虱缨小蜂均明显地选择寄生褐飞虱卵，对长绿飞虱卵的寄生率也较高。长绿飞虱在水稻上不能完成其生活史。因此，稻田和茭白田的合理布局可有效地提高稻田缨小蜂的数量，从而提高该寄生蜂对有关害虫的生防效益。

关键词　长绿飞虱，稻虱缨小蜂，寄主选择性，天敌保护，茭白

茭白 *Zizania caduciflora* L. 是我国城乡居民较喜爱的一种蔬菜，通常种植在水稻田边或与水稻混栽，长绿飞虱 *Saccharosydne procerus*（Matsumura）是茭白的主要害虫，危害茭白后会影响产量和质量甚至造成成片枯死[1~4]。稻虱缨小蜂 *Anagrus nilaparvatae* Pang & Wang 是稻田害虫褐飞虱和白背飞虱的主要寄生性天敌[5~8]，由于稻田生态环境的不稳定性（收割、喷施农药等）和寄生性天敌的滞后现象，稻虱缨小蜂对稻田飞虱的控制作用较不稳定。一些专家就稻田边杂草及其有关非稻田飞虱对卵寄生蜂的保护作用进行了较详细的研究[6,9,10]。我们在田间节肢动物的系统调查中发现，茭白田四周的稻田飞虱卵常常有较高的寄生率，同时茭白田中也诱集到大量的缨小蜂，为此，我们于 1996～1998 年对茭白的主要害虫长绿飞虱和稻田稻虱缨小蜂的关系进行了初步研究，以期揭示茭白田对保护和提高稻田缨小蜂种群密度的机理，并在此基础上进一步提出有效的生境调节技术来改善稻田缨小蜂的生存环境。由于有关专家认为长绿飞虱是危害水稻的飞虱种类[3]，因此，我们也研究了长绿飞虱在水稻上的生存及危害水稻的可能性。

1　材料与方法

1.1　供试虫源和稻苗的准备

长绿飞虱采自茭白田间，实验室饲养 1 代后，其各龄若虫和初羽成虫供试验用。褐飞虱虫源于当年 6、7 月份采自稻田，在实验室饲养 1 代后其成虫供试验用。通过剥取田间稻株外叶鞘和采集带卵茭白叶，置于锥形笼中羽化出的缨小蜂经过鉴别后作为试验蜂源。供试水稻品种为分蘖盛期的水稻品种 TN1，试验用茭白叶采自茭白田，选用不带飞虱卵的心叶、倒 1

*　瑞典国际科学基金（IFS）、国际水稻综合防治协作网（IPM Network）及浙江省自然科学基金资助项目
**浙江农业大学植保系 94 级实习生
1998-06-25 收稿，1998-12-26 收修改稿

叶和倒2叶。

1.2 试验方法

1.2.1 长绿飞虱在水稻品种上的存活率试验：注有5mL改进木村B营养液的大试管中，放入1株分蘖盛期的稻苗，将1龄、2～3龄、4～5龄若虫及雌、雄成虫各10头分别接入试管中，100目的尼龙网纱扎封管口，每处理重复12次。试验在恒温条件下进行，每隔6 h观察记录其存活虫数，至虫口全部死亡时止。以长绿飞虱在茭白上的存活情况作为对照。试验温度：(26±1)℃，光照L:D=12:12。

1.2.2 长绿飞虱的实验种群生命表：采用单管饲虫法，在大试管（直径为2.5 cm，高16.5 cm）中注入约5 mL的改进木村B营养液，放入一片10～15 cm长、不带飞虱卵的嫩茭白叶，每管接入1头当天孵化的若虫，用尼龙纱扎封管口，试虫120头。每天观察记录若虫的生长发育情况，定期更换营养液及茭白叶片。试验在恒温实验室内进行。5龄若虫羽化当日即将雌雄配对产卵，若虫孵出即再接入试管进行第2代试验。待叶片上不再孵出若虫，双筒镜下解剖叶片统计未孵卵数。按此方法连续饲养3代。

1.2.3 缨小蜂种群在稻田和茭白田间的种群动态调查：用钵苗诱蜂卵法诱捕缨小蜂[10]，将钵栽稻苗剥去老叶，每钵接入褐飞虱雌成虫5头产卵，3天后移去雌虫，分别在离田埂边2 m处将含卵稻苗放至茭白田及邻近的稻田中，各重复7次。田间放置2天后收回诱蜂苗，罩上锥形笼，外罩黑布，顶端置一玻璃瓶，利用缨小蜂的趋光性每日收集玻璃瓶中缨小蜂，并用75%的酒精保存，鉴别及统计种类。另外，在1997年6月至1998年4月份，每月15日到茭白田中随机采集含长绿飞虱卵的叶片。拿回实验室后，剪取叶片上部、中部、下部各10 cm段，解剖统计缨小蜂对长绿飞虱卵的寄生率。

1.2.4 两种生境来源的稻虱缨小蜂对褐飞虱卵和长绿飞虱卵的寄生选择性试验：在茭白田中剪取含被寄生飞虱卵的茭白叶片，在稻田剥取含被寄生飞虱卵的稻株外叶鞘，分别置于锥形笼中，收集不同来源的缨小蜂作为蜂源。水稻苗和茭白叶片上分别接不同密度的褐飞虱和长绿飞虱雌虫，控制产卵时间来得到不同的卵密度。将含卵水稻及茭白叶各1株（片）置于同一聚乙烯笼中，接入1对缨小蜂产卵寄生。1个蜂源设100次重复。试验在恒温的地下室进行，采用漫射光照处理，以避免缨小蜂的趋光特性对其寄生选择行为产生影响。处理24 h时后，立即移去缨小蜂，4天后解剖统计缨小蜂对两种飞虱卵的寄生率。

1.2.5 数据分析：采用Finney提出的机率值分析法对长绿飞虱在水稻上和茭白上的半致死时间进行分析。将时间进行对数转换，存活率转变为概率的临界值后进行回归分析，拟合程度用卡方值（χ^2）来检验。本文采用Quant 3.0机率值分析软件对有关数据进行运算。

卵寄生蜂对某一寄主 i 的选择性用 α_i 表示，选择性指数的估计应用Manly的公式来计算[11]。

$$\alpha_i = \frac{\ln((n_{io} - r_i)/n_{io})}{\sum_{j=1}^{m} \ln((n_{jo} - r_j)/n_{jo})} \qquad i = 1, 2, \ldots\ldots, n$$

式中 n_{io} 为寄生试验开始时第 i 种寄主的数量，r_i 是第 i 种寄主被寄生的数量。用卡方（χ^2）检验选择性指数的差异显著性。

2　结果与分析

2.1　长绿飞虱水稻和对照茭白上的存活率

不同虫龄长绿飞虱在水稻和茭白上的半致死时间见表 1。在水稻上，各龄长绿飞虱若虫均不能羽化为成虫，成虫在水稻上的存活时间也很短，半致死时间一般不超过 2 天。这说明，长绿飞虱成若虫在水稻上不能正常地生长发育。长绿飞虱在茭白上的存活率均较高，尤其是 1 龄若虫的半致死时间达 16 天。

2.2　不同世代长绿飞虱在茭白上的生长历期

不同世代长绿飞虱在茭白上的生长历期见表 2。长绿飞虱若虫共分 5 龄，5 龄若虫生长历期最长，达 4 天以上，总体上讲，不同世代长绿飞虱在茭白上的生长历期比较一致。

表 1　不同发育期长绿飞虱在水稻和茭白上的存活时间

Table 1　The survival time of *S. procerus* in various stages on rice and *Z. caduciflora*

寄主作物 Host plants	飞虱发育期 Insect stages	存活率-时间回归式 Time-survival correlation	拟合程度检验（χ^2）	半数死亡时间 LT_{50}（d）	95%置信限 95% Limits
水稻	1 龄 1st instar	$y=4.3303+1.0525x$	6.07*	1.89	1.54～2.26
Rice	2～3 龄 2nd～3rd instar	$y=4.7781+1.1155x$	2.64*	1.22	1.16～1.31
	4～5 龄 4th～5th instar	$y=4.2578+1.1482x$	9.89*	1.90	1.82～2.17
	雄虫 Male adult	$y=4.9093+1.1446x$	5.55*	1.08	0.96～1.19
	雌虫 Female adult	$y=4.9959+1.0047x$	4.02*	1.00	0.92～1.14
茭白	1 龄 1st instar	$y=3.1092+0.6877x$	13.01*	15.63	14.38～17.36
Z. caduciflora	2～3 龄 2nd～3rd instar	$y=1.2905+1.7600x$	14.50*	8.22	7.37～10.93
	4～5 龄 4th～5th instar	$y=2.9136+1.2279x$	6.87*	5.46	5.15～5.79
	雄虫 Male adult	$y=2.2648+1.1298x$	9.44*	11.26	10.59～12.50
	雌虫 Female adult	$y=3.1088+1.5621x$	7.97*	3.35	2.95～3.71

* 卡方检验表明回归曲线合适，拟合度较好。自由度等于 11 时，$\chi^2_{0.05}=19.675$

* Indicating a well-fitted after a Chi-square test

表 2　不同世代长绿飞虱若虫在茭白上的发育历期（d）*

Table 2　The duration of nymphal stages of *S. procerus* on *Z. caduciflora*

虫龄	第一代 1st generation	第二代 2nd generation	第三代 3rd generation
1 龄　1st instar	3.11 ± 0.52	3.48 ± 0.76	2.98 ± 0.48
2 龄　2nd instar	2.19 ± 0.59	2.67 ± 0.51	2.84 ± 0.48
3 龄　3rd instar	2.76 ± 0.55	3.12 ± 0.66	3.13 ± 0.53
4 龄　4th instar	3.21 ± 0.73	3.24 ± 0.59	3.49 ± 0.61
5 龄　5th instar	4.30 ± 0.67	4.40 ± 0.76	4.18 ± 0.55
若虫总历期　Total	15.57 ± 4.20	16.9 ± 4.92	16.6 ± 5.01

* 表中数据是平均值 ± 标准误（*M* ± *SE*）

* Data was presented in *M* ± *SE* in this table

长绿飞虱完成一个生活史需25～32天，死亡率在初孵若虫期和蜕皮羽化期较高。通常有45%～55%若虫能羽化为成虫，成虫雌雄比分别为第一代：0.58，第二代：0.56，第三代0.73。

2.3 缨小蜂在茭白田及其邻近稻田的寄生和种群动态

在茭白上，长绿飞虱着卵量较高，一般每叶为200～400粒，有时高达上千粒。1997年6月至1998年4月间的系统调查显示：6～10月份缨小蜂对长绿飞虱卵的平均寄生率约为30%，最高的可达75%以上，低的为5%。然而在11月、12月和次年1～3月，缨小蜂对长绿飞虱的寄生率明显下降，平均寄生率在2%～6%，4月份后缨小蜂对长绿飞虱的寄生率开始上升（表3），缨小蜂以幼虫在长绿飞虱卵中越冬。由于长绿飞虱着卵量大、卵寄生率较高，茭白田稻虱缨小蜂的种群数量相对较大。

表3 茭白田中稻虱缨小蜂在长绿飞虱卵上的寄生率（%）*

Table 3 The parasitism of *A. nilaparvatae* to *S. procerus* in *Z. caduciflora* fields

采样时间（月•日） Sampling date	检查卵数（粒） No. of eggs examined	寄生率 Parasitism（%） 平均值 Average（*M* ± *SE*）	 幅度 Range
6•15 June•15	5522	31.46 ± 17.55 a	13.24～62.66
7•15 July•15	4670	27.11 ± 11.34 a	5.33～57.21
8•15 Aug•15	2161	30.03 ± 16.23 a	5.10～75.69
9•15 Sep•15	4310	27.84 ± 14.61 a	10.65～52.85
10•15 Oct•15	4540	29.52 ± 14.45 a	5.16～55.33
11•15 Nov•15	3514	5.36 ± 4.30 b	1.20～23.29
12•15 Dec•15	3449	2.15 ± 2.71 b	0～17.20
1•15 Jan•15	4289	4.45 ± 3.33 b	0～22.53
2•15 Feb•15	4294	3.35 ± 1.75 b	0～8.05
3•15 Mar•15	4899	4.00 ± 3.88 b	0～13.15
4•15 Apr•15	829	23.16 ± 9.13 a	3.52～75.86

* 平均值后有相同字母者表示差异在5%水平上不显著（Duncan氏法测验）

* Means followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test

田间诱蜂结果表明，在6月中旬至8月初的茭白田缨小蜂种群数量较大，平均每钵可诱集13.11头，而田埂上为5.13头/钵。茭白田为周围的稻田提供了大量的缨小蜂。本研究显示在早稻生长期，茭白田边稻田的缨小蜂量为8.20头/钵，是对照稻田的2.26倍（图1），但晚稻期缨小蜂在两种生境中的数量均较低，茭白田和稻田的大量用药可能是杀伤这种天敌的主要因子。

2.4 不同来源的稻虱缨小蜂对各寄主卵的选择性

选择性指数 α 表明，稻田和茭白田生境中诱集的稻虱缨小蜂对不同寄主卵有着不同的选择性。在褐飞虱和长绿飞虱卵之间，从稻田中采集的稻虱缨小蜂明显选择褐飞虱卵（$\alpha = 0.74$，$\chi^2 = 16.09$，$P < 0.01$）；从茭白田长绿飞虱卵中羽化的稻虱缨小蜂也明显选择褐飞虱

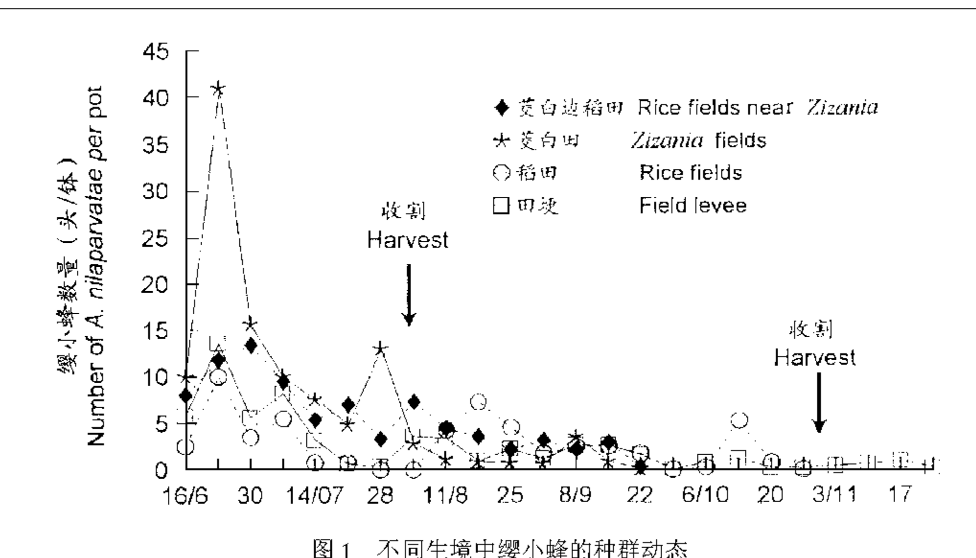


图 1　不同生境中缨小蜂的种群动态

Fig.1　The population dynamics of *Anagrus* spp. in different habitats

卵（$\alpha = 0.70$，$\chi^2 = 14.76$，$P < 0.01$），卵密度对该蜂的选择性影响不大。总体来看，稻虱缨小蜂较明显选择寄生褐飞虱卵，但对长绿飞虱卵也有较高的寄生率，在实验室条件下，当长绿飞虱卵单独存在时，24 h 内一对稻虱缨小蜂寄生的卵数 1～10 粒。

3　讨论

稻虱缨小蜂是褐飞虱的主要寄生性天敌，对控制褐飞虱发生和危害的作用非常明显[7,8]。然而稻田生境的不稳定性（收割、喷药和翻耕等）使得该天敌的数量变化很大[12]。俞晓平等曾研究了稻田边杂草对寄生蜂保护作用[9,10]。本研究则表明，茭白田中的长绿飞虱是稻虱缨小蜂在稻田外的主要寄主之一，对提高稻田该蜂的种群数量作用十分明显。由于茭白收获后通常留下许多残茬，长绿飞虱以卵在残茬上越冬[1~3,16,17]，越冬的缨小蜂（包括蔗虱缨小蜂，*Anagrus optabilis*）寄生卵在翌年春季可形成较高的寄生蜂量，从而提高了附近稻田的寄生性天敌数量。但晚稻及茭白通常由于用药量较高，严重地抑制了缨小蜂的种群数量。

选择性试验表明，不同寄主密度对稻虱缨小蜂的选择行为影响不大。从褐飞虱和长绿飞虱卵中羽化的稻虱缨小蜂皆明显选择寄生褐飞虱卵，同时对长绿飞虱的寄生率也较高。由于长绿飞虱卵帽上通常覆有白色绒状物，这是否会影响寄生蜂的行为还有待进一步的研究。缨小蜂 *Anagrus flaveolus* 通常具有较强的活动能力，其移动速度一星期内可达30 m以上[13]，Doutt 和 Nakata（1965，1973）曾发现葡萄叶蝉缨小蜂 *Anagrus epos* 能飞行到3 Km外去寻找合适的寄主和生境[14,15]。由此推测，相邻稻田和茭白田中的寄生性缨小蜂种群之间的相互影响应该是很明显的。

茭白属禾本科 Gramineae 菰属 *Zizania* L.，与水稻的亲缘关系较近，常常种在水稻田边或与水稻混栽。因此，茭白种植对水稻害虫控制的利弊及作用大小是值得我们研究的重点。我们在考虑并研究了稻田卵寄生性天敌稻虱缨小蜂的同时，也测得了长绿飞虱危害水稻的可能性。曾有研究认为，长绿飞虱为水稻的主要害虫[3]，但本研究测得的不同龄期若虫及成虫

在水稻上的存活率证实，长绿飞虱不能在水稻上完成其生活史。更多的调查表明，二化螟 *Chilo suppressalis*、三化螟 *Scirpophaga incertulas*、大螟 *Sesamia inferens* 等也是茭白上的害虫，但我们的初步研究发现，茭白上的二化螟似与水稻上的二化螟不同（另文发表）。因此有关茭白和水稻这二个生境间节肢动物之间的关系，尤其是天敌之间关系的研究，将是我们今后研究的主题。

有关茭白和水稻的合理布局及其提高天敌作用的研究正在进行中。茭白田作为提高稻田缨小蜂的生境调节手段无疑是一条新的生防途径。同时，该研究也将为水稻病虫害综合防治提供新的理论根据。

致谢　承蒙国际水稻研究所昆虫分类室主任A.T.Barrion博士鉴定缨小蜂标本，在此表示衷心的感谢。

参　考　文　献（References）

1 丁锦华，杨连芳，胡春林等．长绿飞虱的初步观察．南京农学院学报，1982，(2)：45～51
2 王菊明．长绿飞虱为害茭白情况初报．上海农业科技，1982，(3)：39
3 张富满．长绿飞虱研究初报．昆虫知识，1983，9(2)：56
4 徐允元．茭白病虫害发生特点与防治．江苏农业科学，1985，8：24～25
5 庞雄飞，王野岸．缨翅缨小蜂属新种记述．昆虫分类学报，1985，7(3)：175～184
6 罗肖南，卓文禧．稻飞虱卵寄生蜂-缨小蜂生物学特性及保护利用的探讨．福建农学院学报，1980，2：44～59
7 Chandra G. Taxonomy and bionomics of the insect parasites of rice leafhoppers and planthoppers in the Philippines and their importance in natural biological control. Philippines Entomol.，1980，4(3)：119～139
8 Dyck V A，Thomas B. The brown planthopper problem，In Brown Planthopper：Threat to rice production in Asia. 1979，1～17，IRRI，Los Banos，Philippines
9 俞晓平，胡　萃，Heong K L. 不同生境源稻飞虱卵寄生蜂对寄主的选择和寄生特性．昆虫学报，1997，40(4)：431～437
10 Yu X P，Heong K L，Hu C *et al*. Role of non-rice habitats for conserving egg parasitoids of rice planthoppers，In：Hoyko N，Norton J eds. Proceedings of International Workshop on the Pest Management Strategies in Asian Monsoon Agroecosystem，1995，pp. 63～77，KNAES，Japan
11 Manly B F J，Miller P，Cook L M. Analysis of a selective predation experiment. Am. Nat.，1972，106：719～736
12 Way M J，Heong K L. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice——a review. Bull. Entomol. Res.，1994，84：567～587
13 俞晓平，胡　萃等．稻田生态系统中飞虱、叶蝉及其天敌的种群动态和相互关系．科技通报，1997，13(4)：205～210
14 Doutt R L，Nakata J. Overwintering refuge of *Anagrus eops*（Hymenopten：Mymaridae）J. Econ. Entomol.，1965，58：586
15 Doutt R L，Nakata J. The Rubus leafhopper and its egg parasitoids and endemic biotic system useful in grape-pest management. Environ. Entomol.，1973，2：381～386
16 陆自强，朱　健，胡进生等．长绿飞虱发生规律及防治方法的研究．江苏农学院学报，1984，5(2)：35～38
17 丁亚欣，韩坤立．茭白长绿飞虱的发生与防治．江苏农业科学，1988，1：31～32

A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN EGG PARASITOID, *ANAGRUS NILAPARVATAE* AND GREEN SLENDER PLANTHOPPER, *SACCHAROSYDNE PROCERUS*, A SPECIES OF INSECT PEST OF WILD RICE, *ZIZANIA CADUCIFLORA*

Yu Xiaoping　Zheng Xusong　Chen Jianming　Lu Zhongxian　Hu Jicheng
(Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou　310021)

Abstract　The green slender planthopper, *Saccharosydne procerus* (Homeptera: Delphacidae) serves as a major alternate host of the egg parasitoid, *Anagrus nilaparvatae*, an important biocontrol agent of the rice planthoppers. *Zizania caduciflora* plants bearing numerous parasitized eggs of *S. procerus* highly promoted the *A. nilaparvatae* populations for the neighboring rice field, and efficiently suppressed the occurrence of the rice planthopper. In the free-choice test, *A. nilaparvatae* emerged from eggs of either *S. procerus* or *Nilaparvata lugens* preferred *N. lugens* eggs to *S. procerus*. The parasitism of *S. procerus* by *A. nilaparvatae* exceeded 15%, while *S. procerus* eggs were alone provided. *S. procerus* could not complete its life cycle on rice, indicating no significant damage of this planthopper to rice. These results suggested that a proper management of rice and *Z. caduciflora* fields may enhance the efficiency of egg parasitoid, *Anagrus* spp. to control both rice planthoppers in rice field and *S. procerus* in *Z. caduciflora* field.

Key words　*Saccharosydne procerus*, *Anagrus nilaparvatae*, host preference, conservation of natural enemy, *Zizania caduciflora*